

71

**Circular  
Técnica***Bento Gonçalves, RS  
Dezembro, 2006***Autores****Marco Antônio  
Fonseca Conceição**  
Embrapa Uva e Vinho,  
Estação Experimental  
de Viticultura Tropical,  
Caixa Postal 241,  
CEP 15700-000  
Jales, SP

## Irrigação e fertirrigação de macieiras

### Introdução

O cultivo da macieira (*Malus domestica*) na região sul do Brasil tem sido efetuado, em geral sem o uso da irrigação. Nos últimos anos, entretanto, tem ocorrido períodos freqüentes de falta de chuvas durante o ciclo produtivo da cultura, aumentando o interesse dos produtores pela instalação de sistemas de irrigação em suas áreas.

Esse interesse tem sido observado, também, em outras regiões do mundo que apresentam precipitações regulares durante o ciclo da cultura, como no Vale do Loire, França (CONTEPAS, 1993), na região sul do Uruguai (PETILLO et al., 2003) e na região nordeste dos Estados Unidos (DRAGONI et al., 2004).

O presente trabalho teve como objetivo apresentar os resultados das principais pesquisas sobre irrigação de macieiras, realizadas em diferentes regiões produtoras do mundo. Também são apresentadas sugestões de manejo da água para as condições da região sul do Brasil.

### Sistemas de Irrigação

Os sistemas de irrigação mais adotados nas regiões produtoras são a aspersão, a microaspersão e o gotejamento. Alguns autores observaram um melhor desempenho da cultura quando irrigada por gotejamentos, em comparação com a aspersão (PROEBISTING et al., 1977; DRAKE et al., 1981).

Por outro lado, a microaspersão, pode proporcionar maiores índices de produtividade em relação ao gotejamento (RUMAYOR-RODRIGUEZ; BRAVO-LOZANO, 1991; TANASESCU; PALTINEANU, 2004). Os dois sistemas permitem um maior controle do volume de água aplicado, quando comparados à aspersão, mas a microaspersão umedece um maior volume de solo, em relação ao gotejamento, favorecendo o desenvolvimento do sistema radicular das plantas.

## Intervalo entre irrigações

O intervalo entre irrigações depende, principalmente, do tipo de solo e da demanda hídrica da cultura. Intervalos acima de certos limites podem causar uma interrupção no desenvolvimento dos frutos e uma desuniformidade na sua taxa de crescimento (ASSAF et al., 1975).

Como critério para a determinação do momento de irrigação, pode-se utilizar valores limites da tensão da água no solo, empregando-se equipamentos denominados tensiômetros. O valor da tensão reflete a umidade do solo, uma vez que quanto mais seco, maior será a tensão com que a água fica retida no solo.

Para sistemas de aspersão e microaspersão, os limites de tensão devem ficar entre 20 kPa e 25 kPa<sup>1</sup> (GOODE; HYRYCZ, 1964; MERON et al., 2001; LEIB et al., 2006), enquanto que na irrigação por gotejamento esse limite deve ficar entre 10 kPa a 20 kPa, conforme a menor ou maior capacidade de retenção de água do solo, respectivamente (NAOR et al., 1995; MERON et al., 2001).

Pode-se, também, estabelecer o momento de irrigação com base no potencial hídrico das folhas ou do tronco, utilizando-se uma câmara de pressão. O potencial hídrico do tronco (PHT) apresenta maior relação com as condições hídricas nas plantas do que o potencial das folhas (NAOR et al., 1995; NAOR, 2000). Os valores limites do PHT

devem ficar entre -1,2 MPa e -1,5 MPa (NAOR et al., 1997; NAOR, 2000).

O monitoramento das variações diárias do diâmetros dos troncos, utilizando-se sensores automáticos (dendrômetros) pode ser empregado, também, no manejo da irrigação (BONANY et al., 2000; NAOR et al., 2006). O critério utilizado nesse caso é a contração máxima do tronco durante o dia, sendo esse valor estabelecido previamente para cada condição de cultivo.

O número de plantas monitoradas por sensores de umidade deve ser suficientemente representativo da área irrigada, reduzindo os erros devido à variabilidade espacial do solo e das plantas (MERON et al., 2001; NAOR et al., 2006). De acordo com Naor et al. (2006), as amostras mínimas necessárias para compensar essa variabilidade são de quatro plantas, para o potencial hídrico do tronco; 17 plantas, para medidas de contração do tronco; e de 21 plantas, para a tensão da água no solo.

Outro critério que pode ser utilizado para a determinação do momento da irrigação é o estabelecimento do percentual máximo (p) da capacidade de água disponível (CAD) do solo que pode ser consumido, sem que haja prejuízo para a cultura. O manejo da irrigação é feito, nesse caso, com base no balanço hídrico diário, devendo-se acionar a irrigação sempre que esse percentual limite for consumido pela cultura.

Alguns trabalhos recomendam irrigações quando a umidade do solo atingir 40% da CAD, equivalendo a um consumo de 60% da

---

<sup>1</sup> 1,0kPa=0,01atm=0,01Bar=10cmH<sub>2</sub>O=0,75cmHg

CAD (LEVIN et al., 1972; ASSAF et al., 1974). Outros autores obtiveram melhores resultados mantendo-se a umidade do solo entre 70% e 85% da CAD, representando limites de consumo entre 30% e 15% da CAD, respectivamente (ASSAF et al., 1975; BEUKES; WEBER, 1982; LÖTTER et al., 1985; LEIB et al., 2006). Por outro lado, um nível de 25% da CAD pode ser tolerado durante os primeiros dias após o florescimento e no período após a colheita (LÖTTER et al., 1985).

A Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação (FAO), recomenda um consumo máximo de 50% da CAD, para condições em que a evapotranspiração da cultura (ETc) seja de, aproximadamente, 5,0 mm/dia (ALLEN et al., 1998). Para valores maiores de ETc esse percentual deve ser reduzido e vice-versa

### **Demanda hídrica da cultura**

A evapotranspiração da cultura (ETc), que equivale à soma da evaporação da água do solo e da transpiração das plantas, depende de diversos fatores relacionados à planta, ao solo e às condições meteorológicas locais.

O consumo de água de macieiras é mais influenciado pela temperatura, pela radiação global, pelo déficit de pressão de vapor e pela umidade relativa do ar, sendo que a velocidade do vento apresenta pouco efeito sobre ele (LI et al., 2002).

A presença de lençol freático próximo à superfície pode, também, afetar a

evapotranspiração, devido ao efeito da capilaridade e, conseqüentemente, da maior umidade da superfície, aumentando a evaporação do solo (RO, 2001).

Determinados porta-enxertos, como o M9, podem reduzir o consumo hídrico das plantas, devido à maior resistência ao transporte de água no tronco ou nas raízes (LI et al., 2002). Apesar dessa redução de consumo, esse porta-enxerto pode apresentar uma baixa tolerância à seca (KONOPACKI; TREDER, 1997).

A redução da cargas de frutos também pode reduzir a demanda hídrica da cultura (MPELASOKA et al., 2001). Diferenças no tamanho e na forma das copas causam, diferenças significativas na transpiração e na eficiência do uso de água (LI et al., 2002).

Para se calcular a ETc multiplica-se, normalmente, a evapotranspiração de referência do local (ETo) pelo coeficiente da cultura (Kc). Os valores de ETo são calculados utilizando-se modelos matemáticos baseados em dados meteorológicos locais. O Kc, por sua vez, está relacionado a diferentes fatores culturais, podendo apresentar valores médios entre 0,50 (MERON et al., 2001; LEIB et al., 2006) e 0,90 (BEUKES; WEBER, 1982).

Os valores de Kc variam, também, durante o ciclo da cultura, tendendo, muitas vezes, a apresentar um aumento linear com o tempo (RO, 2001). Esse comportamento deve-se ao fato de que, em geral, o maior consumo hídrico da planta ocorre na fase que vai do

final do crescimento dos ramos até a colheita (BEUKES; WEBER, 1982).

Na ausência de cobertura vegetal no solo, a FAO recomenda valores de  $K_c$  iguais a 0,45, no início do desenvolvimento dos ramos; 0,95, no período de maior crescimento dos frutos; 0,75, da colheita até a queda das folhas; e 0,20, após a queda das folhas (Allen et al., 1998). Se o solo apresentar cobertura vegetal ativa, esses valores devem ser de 0,80, 1,20, 0,85 e 0,65, respectivamente, para cada fase da cultura mencionada anteriormente (ALLEN et al., 1998).

Alguns índices biométricos podem ser utilizados para a estimativa de  $K_c$ , como a fração coberta do solo, a porcentagem sombreada pelo sol ao meio-dia e o índice de área foliar (VALANCOGNE et al., 2000).

### **Efeito da irrigação na produção e na qualidade dos frutos**

A ocorrência de deficiência hídrica durante o período de crescimento dos frutos pode afetar o seu tamanho, bem como a diferenciação floral para o ciclo seguinte, além de prejudicar a absorção de nutrientes e o crescimento da planta (ASSAF et al., 1975; CATZEFLIS, 1979; HOFFMANN; NACHTIGALL, 2004). O efeito dessa deficiência varia conforme o período em que ela incide.

O período de crescimento dos frutos pode ser dividido em três fases: fase 1, de multiplicação celular, no final da qual a fruta

atinge, praticamente, o número total de células; fase 2, de alongação celular, período em que as células acumulam água e nutrientes, aumentando o volume e tamanho das frutas; fase 3, de maturação, período em que ocorrem transformações bioquímicas e na qual o aumento do tamanho dos frutos ocorre, principalmente, devido ao acúmulo de água (FACHINELLO et al., 1996).

O crescimento dos frutos é mais afetado pelo nível de água no solo nas fases 2 e 3 (BEUKES; WEBER, 1982; LÖTTER et al., 1985). A ocorrência de déficit hídrico, especialmente nessas fases, tende a reduzir a produtividade da cultura devido à redução do número e, principalmente, do tamanho e peso dos frutos (LEVIN et al., 1972; ASSAF et al., 1975; BEHBOUDIAN et al., 1998; BONANY; CAMPS, 1998; MPELASOKA et al., 2001; YAO et al., 2001). O uso de déficit hídrico moderado no final do ciclo (antes da colheita) pode, no entanto, ser benéfico para a cultura, se não afetar o peso dos frutos e se proporcionar, ao mesmo tempo, um maior teor de sólidos solúveis e maior firmeza da polpa (BEHBOUDIAN et al., 1998).

Algumas desordens fisiológicas, como pingo de mel, 'bitter pit' e escaldadura superficial, são, normalmente, relacionadas a níveis mais elevados de água no solo (GUELFAT'REICH et al., 1974; BEUKES; WEBER, 1982; LÖTTER et al., 1985). Isso ocorre porque há, geralmente, um acréscimo no teor de potássio (K) com o incremento da umidade do solo, o que resulta em uma relação K/Ca mais favorável a essas

desordens (GUELFAT'REICH et al., 1974; LÖTTER et al., 1985).

Condições de menor nível de umidade no solo tendem, por sua vez, a proporcionar frutos com maior firmeza, maior teor de sólidos solúveis (TSS) e menor acidez (GUELFAT'REICH et al., 1974; ASSAF et al., 1975; BEHBOUDIAN et al., 1998; BONANY; CAMPS, 1998). Acredita-se que o maior grau de firmeza dos frutos deve-se, em parte, ao fato de que as plantas em condições de menor umidade do solo apresentam, geralmente, frutos de menor tamanho (GUELFAT'REICH et al., 1974).

## **Fertirrigação**

A aplicação de fertilizantes através da água de irrigação (fertirrigação), principalmente em pomares mais adensados, pode tornar mais flexível a distribuição de adubos, reduzindo as perdas de nutrientes e o risco de contaminação dos aquíferos (NEILSEN; NEILSEN, 1997). A aplicação de fertilizantes no mesmo local em que está sendo aplicada a água é especialmente importante nos sistemas de irrigação por gotejamento e microaspersão, devido à menor superfície de solo por eles umedecidas.

As pesquisas com fertirrigação em macieiras são relativamente recentes e mostram que nem sempre a sua utilização resulta em um melhor desempenho da cultura, quando comparada com a adubação convencional (ERICSON, 1993; DOLEGA; LINK, 1998).

Além disso, algumas precauções devem ser tomadas quando se utiliza a fertirrigação. A aplicação de uréia por gotejamento, por exemplo, pode reduzir o pH e o balanço dos elementos minerais no solo, prejudicando o crescimento das plantas (BELTON; GOH, 1992).

O método de irrigação também pode interferir na resposta da cultura à fertirrigação. Neilsen et al. (1995) observaram uma queda dos níveis de potássio nas folhas em macieiras fertirrigadas com nitrogênio e fósforo, quando se utilizou gotejamento, não tendo ocorrido o mesmo em plantas irrigadas por microaspersão. Os autores consideraram que há uma maior concentração de raízes quando se utiliza o gotejamento, levando a um esgotamento de nutrientes na região radicular.

Na fertirrigação pode-se aplicar soluções completas (com todos os nutrientes) ou apenas alguns elementos, sendo o nitrogênio (N), o fósforo (P) e potássio (K) os mais utilizados (NEILSEN et al., 1994; NEILSEN et al., 2000; ZYDLIK; PACHOLAK, 2001). Esses elementos são os mais consumidos pelas plantas e o N e o K apresentam grande mobilidade no solo. As aplicações de NPK podem chegar a proporcionar melhores resultados para a cultura do que a utilização de soluções completas (NEILSEN et al., 1994).

Outros elementos que podem ser aplicados por fertirrigação são o zinco (Zn) e o boro (B). No caso do zinco, as adubações foliares

são, normalmente, mais eficientes do que a fertirrigação (NEILSEN et al., 2004).

Quanto ao boro, as macieiras respondem com facilidade à fertirrigação com esse elemento, mas deve-se ter cautela na escolha da dosagem a ser aplicada, a fim de não causar toxicidade nas plantas (NEILSEN et al., 2004).

A fertirrigação com nitrato de cálcio pode proporcionar uma influência positiva na relação K/Ca em plantas com alta densidade de plantio (DOLEGA; LINK, 1998). A relação K/Ca afeta diretamente a qualidade dos frutos, que pode, também, ser influenciada pela dosagem e pela época de aplicação dos fertilizantes (NEILSEN et al., 2000; ZYDLIK; PACHOLAK, 2001).

### **Sugestões de manejo**

Na Região Sul do Brasil já existem algumas áreas de macieiras que estão sendo irrigadas. A seguir são descritas algumas sugestões de manejo racional da água para as condições regionais.

Apesar do sistema radicular das macieiras atingir profundidades superiores a 1,00 m (ALLEN et al., 1998), a maior parte das raízes finas, principais responsáveis pela absorção de água e nutrientes, se encontra até 0,50 m de profundidade (FACHINELLO et al., 1996; HOFFMANN; BERNARDI, 2004).

A capacidade de água disponível (CAD) dos solos varia, em geral, entre 60 mm/m, para solos arenosos com baixa capacidade de armazenamento; a 200 mm/m, para solos

argilosos com alta capacidade de armazenamento (DOORENBOS; KSDDSM, 1979). Assim, considerando-se a profundidade efetiva das raízes igual a 0,50 m, tem-se valores da CAD entre 30 mm e 100 mm.

De acordo com as recomendações da FAO (ALLEN et al., 1998), pode-se permitir um consumo de, até, 50% da CAD na irrigação de macieiras. Dessa forma, o consumo máximo permitido será de 15 mm a 50 mm, conforme o tipo de solo.

Para sistemas de microaspersão e gotejamento tem que se considerar valores menores da CAD, uma vez que esses sistemas não umedecem todo o solo. Se, por exemplo, os emissores (gotejadores ou microaspersores) umedecerem 60% do volume total do solo, os valores da CAD ficarão entre 9 mm (60% de 15 mm) e 30 mm (60% de 50 mm).

Como a necessidade de irrigação costuma ocorrer nos períodos de maior desenvolvimento das plantas (fases 2 e 3), pode-se utilizar um coeficiente de cultura ( $K_c$ ) igual a 1,0. Dessa forma, a evapotranspiração da cultura ( $ET_c$ ) terá o mesmo valor da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ).

Os valores de  $ET_o$  são determinados com base nos dados meteorológicos locais. Se a estação meteorológica possuir registros de radiação solar, velocidade do vento, temperatura do ar e umidade do ar, pode-se empregar o método padrão para cálculo de  $ET_o$ , que é o de Penman-Monteith,

recomendado pela FAO (ALLEN et al., 1998). Caso se possua dados somente das temperaturas máxima e mínima do ar, pode-se utilizar o método de Hargreaves-Samani (CONCEIÇÃO; MANDELLI, 2005).

Os valores de ETc são somados diariamente e quando o acumulado atingir o valor referente ao consumo máximo permitido, aciona-se a irrigação. Os valores das precipitações pluviiais ocorridas no período devem ser descontados da ETc acumulada.

Como exemplo, considera-se um solo com uma CAD igual a 80 mm. O percentual máximo a ser consumido será igual a 40 mm (50% da CAD). Nesse caso, pode-se ter as seguintes situações:

- a) Irrigação por aspersão – na ausência de chuvas e para uma ETc média igual a 4,0 mm/dia, o intervalo entre irrigações será de 10 dias ( $40 \text{ mm} \div 4,0 \text{ mm/dia}$ ). Para valores menores da ETc média, esse intervalo aumentará. Se ela for, por exemplo, igual a 2,0 mm/dia, o intervalo entre irrigações sobe para 20 dias ( $40 \text{ mm} \div 2,0 \text{ mm/dia}$ ). Se chover no período, o intervalo vai aumentar, porque a precipitação ocorrida será descontada da ETc acumulada.
- b) Sistema de irrigação localizada que umedece 60% do solo – a lâmina máxima a ser consumida será igual a 60% de 40 mm, que corresponde a 24 mm. Para uma ETc média igual a 4,0 mm/dia, o intervalo entre irrigações será de 6 dias ( $24 \text{ mm} \div 4,0 \text{ mm/dia}$ ). Se a ETc for de 2,0 mm/dia, o intervalo será de 12 dias

( $24 \text{ mm} \div 2,0 \text{ mm/dia}$ ). Também neste caso, as precipitações ocorridas devem ser descontadas da ETc acumulada, o que pode aumentar o intervalo entre irrigações.

Verifica-se, pelo exemplo anterior, que solos com maior capacidade de armazenamento de água permitem intervalos maiores entre irrigações. Também deve-se observar que para sistemas de gotejamento e microaspersão os intervalos serão menores do que para os sistemas por aspersão.

Deve-se ressaltar que se a adubação da cultura for realizada por fertirrigação, as aplicações deverão ser realizadas, mesmo quando haja a ocorrência de chuvas e não seja necessário irrigar.

Quando vai-se realizar a fertirrigação, não se deve injetar os fertilizantes no início da aplicação de água, aguardando-se para que o sistema entre em equilíbrio hidráulico. Também deve-se manter a irrigação por um tempo após a aplicação de fertilizantes, para limpeza do sistema e deslocamento da solução no perfil do solo. Se deseja-se, por exemplo, fazer a aplicação de fertilizantes durante uma hora, deve-se ligar o sistema meia hora antes e desligá-lo meia hora depois, valores que correspondem a 25% do tempo total (duas horas).

## **Considerações finais**

Apesar dos benefícios que a irrigação possa trazer à cultura da macieira, o seu uso somente deverá ser adotado após estudos

que devem determinar qual o incremento de rentabilidade necessário para compensar os custos adicionais com energia e com a aquisição e depreciação dos equipamentos.

Outro fator importante a ser considerado é o impacto que a adoção da irrigação poderá ocasionar sobre os recursos hídricos regionais. Em muitos locais, esses recursos são limitados e a competição com o uso urbano ou industrial tende a se acirrar.

Só para efeito de ilustração, uma ET<sub>c</sub> média igual a 4,0 mm/dia representa uma necessidade diária de 40.000 litros por hectare. Considerando-se um consumo médio nas cidades de 200 litros por habitante por dia, verifica-se que a irrigação de 100 hectares, nesse caso, equivaleria ao consumo diário de uma cidade de 20.000 habitantes.

Devido à ordem de grandeza desses valores, deve-se ressaltar a necessidade de projetos bem dimensionados e que apresentem um manejo correto da água, a fim de se obter altos índices de eficiência no uso da água.

### **Agradecimentos**

O autor agradece à bibliotecária da Embrapa Uva e Vinho, Kátia M. Hiwatashi, e a estagiária Fernanda Pazini, pela presteza e empenho na obtenção do material bibliográfico utilizado neste trabalho.

### **Referências bibliográficas**

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements**. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).

ASSAF, R.; BRAVDO, B.; LEVIN, I. Effect of irrigation according to water deficit in two different soil layers, on the yield and growth of apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v. 49, p. 53-64, 1974.

ASSAF, R.; LEVIN, I.; BRAVDO, B. Effect of irrigation regimes on trunk and fruit growth rates, quality and yield of apple trees. **Journal of Horticultural Science**, v. 50, p. 481-493, 1975.

BEHBOUDIAN, M. H.; DIXON, J.; POTHAMSHETTY, K. Plant and fruit response of lysimeter-grown 'Braeburn' apple to deficit irrigation. **Journal of Horticultural Science & Biotechnology**, v. 73, n. 6, p. 781-785, 1998.

BELTON, P. R.; GOH, K. M. Effects of urea fertigation of apple trees on soil pH, exchangeable cations and extractable manganese in a sandy loam soil in New Zealand. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 33, n. 3, P. 239-247, 1992.

BEUKES, D. J.; WEBER, H. W. The effects of irrigation at different soil water levels on the water use characteristics of apple trees.



**Journal of Horticultural Science**, v. 57, p. 383-391, 1982.

BONANY, J.; CAMPS, F. Effects of different irrigation levels on apple fruit. **Acta Horticulturae**, v. 406, p. 47-52, 1998.

BONANY, J.; CAMPS, F.; SALVIA, J. Relationship between trunk diameter fluctuations, stem water potential and fruit growth rate in potted adult apple trees. **Acta Horticulturae**, v. 511, p. 43-49, 2000.

CATZEFLIS, J. Response of apple trees to water stress. **Acta Horticulturae**, v. 89, p. 83-88, 1979.

CONCEIÇÃO, M. A. F.; MANDELLI, F. **Cálculo da evapotranspiração de referência com base na temperatura do ar**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho, 2005. 4 p. (Embrapa Uva e Vinho. Comunicado Técnico, 61).

CONTEPAS, J. P. Drip irrigation in Loire Valley orchards (France): advantages and limits. **Acta Horticulturae**, v. 335, p. 449-454, 1993.

DOLEGA, E. K.; LINK, H. Fruit quality in relation to fertigation of apple trees. **Acta Horticulturae**, v. 466, p. 109-114, 1998.

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Yield response to water**. Rome, FAO, 1979. 197 p. (FAO. Irrigation and Drainage Paper, 33).

DRAGONI, D.; LAKSO, A. N.; PICCIONI, R. M. Transpiration of an apple orchard in a cool

humid climate: measurement and modeling. **Acta Horticulturae**, v. 664, p. 175-180, 2004.

DRAKE, S. R.; PROEBISTING, E. L.; MAHAN, M. O.; THOMPSON, J. B. Influence of trickle and sprinkle irrigation on 'Golden Delicious' apple quality. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 106, n. 3, p. 255-258, 1981.

ERICSON, N. A. Quality and storability in relation to fertigation of apple trees cv. Summerred. **Acta Horticulturae**, v. 326, p. 73-83, 1993.

FACHINELLO, J. C.; NACHTIGAL, J. C.; KERSTEN, E. **Fruticultura: fundamentos e práticas**. Pelotas: UFPEL, 1996. 311 p.

GOODE, J. E.; HYRYCZ, K. J. The response of Laxton's Superb apple trees to different soil moisture conditions. **Journal of Horticultural Science**, v. 39, p. 254-276, 1964.

GUELFAT'REICH, S.; ASSAF, R.; BRAVDO, B. A.; LEVIN, I. The keeping quality of apples in storage as affected by different irrigation regimes. **Journal of Horticultural Science**, v. 49, p. 217-225, 1974.

HOFFMANN, A.; BERNARDI, J. Aspectos botânicos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.) **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 17-24.

HOFFMANN, A.; NACHTIGALL, G. R. Fatores edafoclimáticos. In: NACHTIGALL, G. R. (Ed.) **Maçã: produção**. Bento Gonçalves: Embrapa Uva e Vinho; Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 25-31.

KONOPACKI, P.; TREDER, W. Influence of severe water stress on growth and next-year flowering of three apple cultivars grown in containers in situ: preliminary results. **Acta Horticulturae**, v. 449, p. 535-540, 1997.

LEIB, B. G.; CASPARI, H. W.; REDULLA, C. A.; ANDREWS, P. K.; JABRO, J. J. Partial rootzone drying and deficit irrigation of 'Fuji' apples in a semi-arid climate. **Irrigation Science**, v. 24, p. 85-99, 2006.

LEVIN, I.; ASSAF, R.; BRAVDO, B. Effect of irrigation treatments for apple trees on water uptake from different soil layers. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 97, n. 4, p. 521-526, 1972.

LI, F.; COHEN, S.; NAOR, A. SHAOZONG, K. EREZ, A. Studies of canopy structure and water use of apple trees on three rootstocks. **Agricultural Water Management**, v. 55, p. 1-14, 2002.

LÖTTER, J. de V.; BEUKES, D. J.; WEBER, H. W. Growth and quality of apples as affected by different irrigation treatments. **Journal of Horticultural Science**, v. 60, p. 181-192, 1985.

MERON, M.; HALLEL, R.; PERES, M.; BRAVDO, B.; WALLACH, R. Tensiometer

actuated automatic micro irrigation of apples. **Acta Horticulturae**, v. 562, p. 63-69, 2001.

MPELASOKA, B. S.; BEHBOUDIAN, M. H.; GREEN, S. R. Water use, yield and fruit quality of lysimeter-grown apple trees: responses to deficit irrigation and to crop load. **Irrigation Science**, v. 20, p. 107-113, 2001.

NAOR, A. Midday stem water potential as a plant water stress indicator for irrigation scheduling in fruit trees. **Acta Horticulturae**, v. 537, p. 447-454, 2000.

NAOR, A.; GAL, Y.; PERES, M. The inherent variability of water stress indicators in apple, nectarine and pear orchards, and the validity of a leaf-selection procedure for water potential measurements. **Irrigation Science**, v. 24, p. 129-135, 2006.

NAOR, A.; KLEIN, I.; DORON, I. Stem water potential and apple fruit size. **Journal of the American Society for Horticultural Science**, v. 120, n. 4, p. 577-582, 1995.

NAOR, A.; KLEIN, I.; DORON, I.; GAL, Y.; BEN-DAVID, Z.; BRAVDO, B. The effect of irrigation and crop load on stem water potential and apple fruit size. **Journal of Horticultural Science**, v. 72, n. 5, p. 765-771, 1997.

NEILSEN, D.; NEILSEN, G. H.; WALL, J. W. Fruit mineral concentration and quality of Gala apples as affected by rate and timing of fertigated N. **Acta Horticulturae**, v. 512, p. 159-167, 2000.

NEILSEN, G. H.; HOGUE, E. J.; BRAID, J. Fertigation experiments with apple seedlings in old orchard soil. **Acta Horticulturae**, v. 363, p. 83-91, 1994.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Orchard nutrition to maximize crop quality and minimize environmental degradation. **Acta Horticulturae**, v. 448, p. 365-373, 1997.

NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D.; HOGUE, E. J.; HERBERT, L. C.. Zinc and boron nutrition management in fertigated high density apple orchards. **Canadian Journal of Plant Science**, v. 84, p. 823-828, 2004.

NEILSEN, G. H.; PARCHOMCHUK, P.; BERARD, R. NP fertigation and irrigation affect potassium nutrition of newly planted apple trees. **Acta Horticulturae**, v. 383, p. 57-65, 1995.

PETILLO, M. G.; PUPPO, L.; ROMERO, G.; BACCINO, G. Respuesta al riego de duraznero, manzano y peral en montes comerciales. **Agrociência**, v. 7, n. 2, p. 49-61, 2003.

PROEBISTING, E. L.; MIDDLETON, J. E.; ROBERTS, S. Altered fruiting and growth characteristics of 'Delicious' apple associated with irrigation method. **HortScience**, v. 12, n. 4, p. 349-350, 1977.

RO, H-M. Water use of young 'Fuji' apple trees at three soil moisture regimes in drainage lysimeters. **Agricultural Water Management**, v. 50, p. 185-196, 2001.

RUMAYOR-RODRIGUEZ, A.; BRAVO-LOZANO, A. Effects of three systems and levels of irrigating apple trees. **Scientia Horticulturae**, v. 47, p. 67-75, 1991.

TANASESCU, N.; PALTINEANU, C. Fruit yield and tree growth for various irrigation methods at Pitesti-Maracineni in the 'Golden Delicious' apple cultivar. **Acta Horticulturae**, v. 664, p. 639-645, 2004.

VALANCOGNE, C.; FERREIRA, M. I.; SILVESTRE, J.; ANGELOCCI, L. R. Influence of orchard and vineyard characteristics on maximal plant transpiration. **Acta Horticulturae**, v. 537, p. 61-68, 2000.

YAO, S.; NEILSEN, G. H.; NEILSEN, D. Effects of water stress on growth and mineral composition of 'Gala' apple fruit. **Acta Horticulturae**, v. 564, p. 449-456, 2001.

ZYDLIK, Z.; PACHOLAK, E. Fertigation effects on the concentration of mineral components in the soil and leaves, and the yield and quality of fruits in two apple tree cultivars. **Acta Horticulturae**, v. 564, p. 457-463, 2001.

**Circular  
Técnica, 71**

Ministério da Agricultura,  
Pecuária e Abastecimento



Exemplares desta edição podem ser adquiridos na:

**Embrapa Uva e Vinho**

Rua Livramento, 515 – Caixa Postal 130  
95700-000 Bento Gonçalves, RS

**Fone:** (0xx)54 3455-8000

**Fax:** (0xx)54 3451-2792

[http:// www.cnpuv.embrapa.br](http://www.cnpuv.embrapa.br)

**1ª edição**

**1ª impressão (2006)**

**Comitê de  
Publicações**

**Presidente:** *Lucas da Ressurreição Garrido*

**Secretária-Executiva:** *Sandra de Souza Sebben*

**Membros:** *Jair Costa Nachtigal, Kátia Midori Hiwatashi,  
Osmar Nickel, Viviane Maria Zanella Bello Fialho*

**Expediente**

**Normatização bibliográfica:** *Kátia Midori Hiwatashi*